9 / 物理防治

黃晉興、黃巧雯、安寶貞

所謂物理防治包括利用溫度、放射線、電流、光線控制等，傷害或殺死病原菌，而能防治病害。其中最常使用的為高溫滅菌法，一般植物病原真菌及細菌的臨界致死溫度大約在攝氏 60–70℃ 之間，超過 80℃ 所有的植物病原細菌及大多數之濾過性病毒會死亡，100℃ 則耐熱性的濾過性病毒會死亡，但要有足夠的處理時間才能到達效果。利用熱或高溫處理的效果快速，而且無殘留問題，但是利用高溫處理時，需注意特定病原菌及作物對溫度及受熱時間的反應，亦會無選擇性的殺死環境中的有益微生物，甚至造成生物的真空。物理方式之應用方式如下。

熱水處理

一、處理採後果實

熱水處理主要用於殺死種子、球莖、果實及其他的植物繁殖體表面的病原菌，若能維持長時間的高溫也能殺死介質中的病原菌，但負面影響為可能造成所處理的種子發芽率的降低與果實品質劣變。根據寄主植物和病原菌耐熱度的差異，一般熱水處理休眠組織或栽培介質，不建議直接用在植體上，因為足以殺菌的溫度也足以危害作物。熱水處理採後果實早已被用於處理番茄、胡瓜、小黃瓜、柑桔、木瓜、桃及芒果等之

處理，目前在臺灣常使用的案例是：使用 53℃ 5 分鐘或 60℃ 20 秒的熱水處理採收後的芒果「台農 1 號」果實，可以延緩及降低炭疽病及蒂腐病出現(圖 1)。但因每種果實之不同品種間耐熱性不同，因此必需視作物種類而慎選處理方法以避免發生熱傷害。例如土芒果於 58℃ 以上溫度即會出現嚴重的熱傷害而建議利用較低溫的 53℃ 5 分鐘之處理。愛文芒果果實於 58℃、2 分鐘及 62℃、3 秒處理下，可顯著降低採收之檬果的果腐病；「台農 1 號」及金煌芒果果實對於高溫較耐，可以利用 60℃ 20 秒處理；木瓜果實經 48℃、30 分鐘處理後可有效降低蒂腐病 (stem-end rot) 發生。

圖 1. 芒果經 60℃溫水處理 40 秒後保存於 12℃下 20 天可以有效降低採後炭疽病及蒂腐病之發生。

二、處理栽培介質或土壤

栽培介質重複使用常會造成土傳病原菌族群的快速累積 (如腐黴菌、青枯病菌)，導致爾後病害嚴重，若考量成本而不願更換新介質，則建議使用高溫殺菌法，例如高溫蒸汽處理或熱水處理 (最低標準是 80℃ 持續 20 分鐘或 60℃ 持續 30 分鐘)，前者需要較昂貴的設備，一般建議由專業人士代工 (詳見下段「蒸汽消毒」)，而介質熱水處理應注意溫度與時間皆要在最低標準之上，通常是 60℃ 持續 30 分鐘較易達成。然而在處理過程中常無法達成，例如在冬天因介質溫度低且散熱快，故在冬

季施用時應提高熱水器的功率 (最好使用鍋爐)，使用接近 100℃ 且水量足夠的熱水，才能使介質溫度與持續的時間達到最低標準；或者是介質含水率高而造成熱水處理時無法使介質溫度快速升高，在土壤熱水處理前應先使停止供水，讓數天的植株蒸散作用先把介質的水散去，再去除植株地上部，並待數天至數週之後讓根部的組織部分崩解且介質含水量低，再加入熱水才能達到介質熱水處理的最低標準以上。台南區農業改良場曾利用 100℃、150 mL 或 80℃、300 mL 熱水處理溫室內的土壤 (每 1,000 克土壤)，可使土溫達到 40℃ 以上並持續 40 分鐘，可改善連作障礙之現象 (圖 2)。

圖 2. 熱水處理栽培介質或土壤。澆灌熱水於栽培介質中，使介質溫度維持 60℃以上至少 30 分鐘，有效降低因介質帶菌所造成的土傳病害 (A、B、C) (林子凱提供)；或熱水處理於溫室內的土壤以改善洋桔梗的連作障礙 (D、E) (張元聰提供)。

蒸汽處理

利用土壤蒸汽消毒連作土壤或介質，滅菌效果非常良好，一般應用在高經濟價值之設施、苗圃及洋菇養殖場。利用鍋爐產生的高壓蒸汽(高於 100°C)，經管路送至覆有耐高溫塑膠厚布之土面上，蒸汽消毒處理約 30–60 分鐘，再讓該厚布悶住蒸汽保溫，蒸汽可水平及垂直滲透約 15–20 公分，使由表層往下 15–20 公分的土壤可維持 60°C 持續 30 分鐘，不但可以消滅該層土壤病原菌，同時亦可殺死地下害蟲、小動物及雜草種子，可謂一舉數得之方式 (圖 3)。使用蒸汽之前要注意打破土塊，

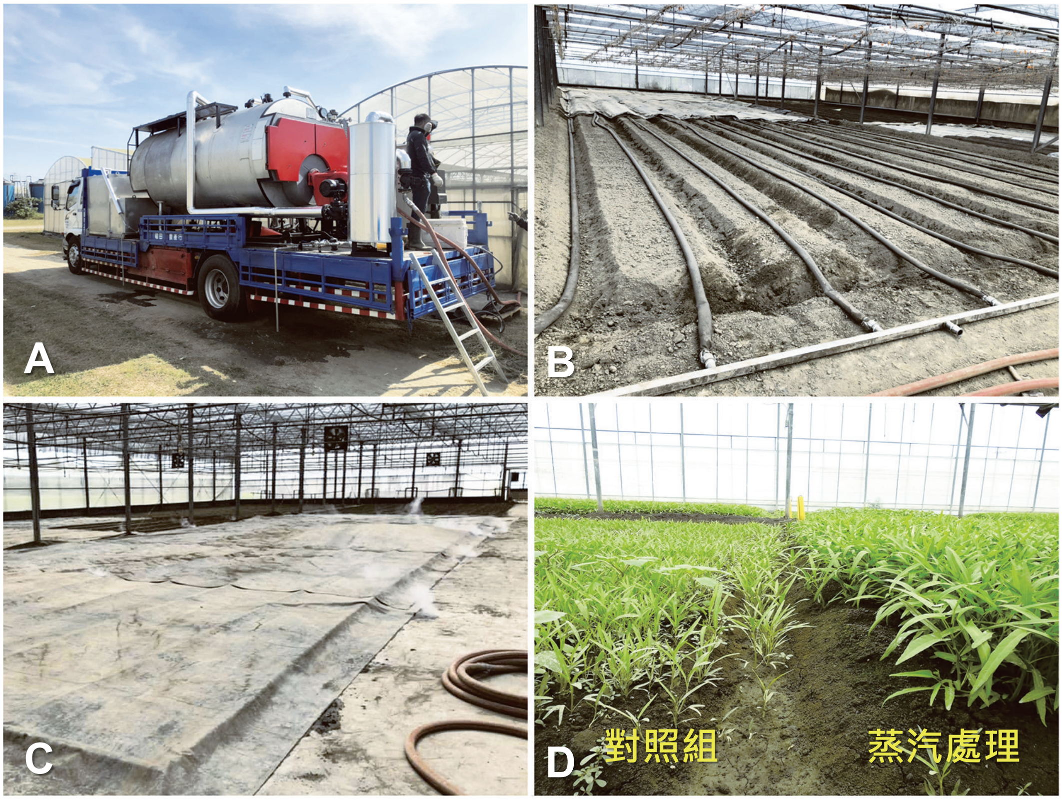

圖 3. 土壤蒸汽處理。目前有民間私人公司進行代工土壤蒸汽處理，多施用於設施內的土壤，對土傳病害、蟲害及雜草的防治效果極佳 (A–D)。

使得積水的土壤有良好的排水性及適當的蒸汽出口，一般適於種植時的土壤濕度也正好適合蒸汽處理。除了土壤蒸汽處理之外，介質也能使用蒸汽消毒來殺死病原菌與害蟲，特別是重複使用的介質常帶有害生物，若不處理則易發生病蟲害。利用蒸汽處理田間土壤，光油料費與人工等必要支出與機器折舊，每分地約需 4 萬元，因此在成本效益考量下，還是以高經濟價值作物為主要對象。由於高溫處理後，土壤易造成生物性真空，因此土壤滅菌後需經有益微生物接種，或澆水並假以時日，讓生物族群恢復平衡後再使用效果較佳。

太陽能

自古即有利用太陽產生之熱度以進行物品之消毒，而在農業利用上則利用透明塑膠布在炎熱的季節覆蓋土壤，可以提高土壤溫度達 52–60°C，較不覆蓋之土壤約高出 10°C，雖然微生物因其種類不同對於溫度之感受性亦各有其差異性，然而一般病原之致死溫度約在 50–60°C 之間。因此利用塑膠布覆蓋土壤及藉由太陽能增溫之方式理論上應可用於防治土壤傳播性病害，此方法在地中海地區相當成功，惟臺灣因夏季降雨頻繁，使得太陽能滅菌功效受到相當影響，通常在夏季高溫少雨時期使用，若處理期間有陰雨期，多少會影響太陽能殺菌的效果。高雄改良場曾於夏季應用 0.06mm 透明 PE 塑膠布覆蓋於溫室土壤，覆蓋時間為 3 週，覆蓋期間僅 5 天有降雨情形。試驗結果顯示，PE 塑膠布覆蓋組之土壤 (20cm 深度) 溫度為 36.3–52.3°C (平均 43.5°C)，明顯高於對照組之土壤 31.9–42.2°C (平均 36.1°C)，大幅減少土壤根瘤線蟲二齡幼蟲活蟲數，該處理區經 1 年度之追蹤，期間經甜瓜、小果番茄之栽培，根瘤線蟲密度維持於 10 隻/100g 土壤以下，顯示土壤太陽能之策略能有效降低土壤根瘤線蟲密度 (圖 4)。台中改良場曾於 3–9 月之間，於台中、屏

東、埔里及彰化等地，利用 0.025 mm 之透明塑膠布覆蓋於土壤，約 3–4 週後可以利用土壤溫度之增加降低土壤中病原菌 *Fusarium oxysporium* f. sp. *niveum*、*F. oxysporium* f. sp. *raphani* 及 *F. oxysporium* f. sp. *apii* 的密度約 75–100%。在新社試驗區土壤經 4 週覆蓋後，種植蘿蔔 60 天後，可以將黃葉病之發生率由 61.22 % 降低至 28.30%。另外在屏東西瓜田試驗區經 3–4 週覆蓋後，在西瓜種植後 55 天，蔓割病之發生率則由 77% 降至 44%。

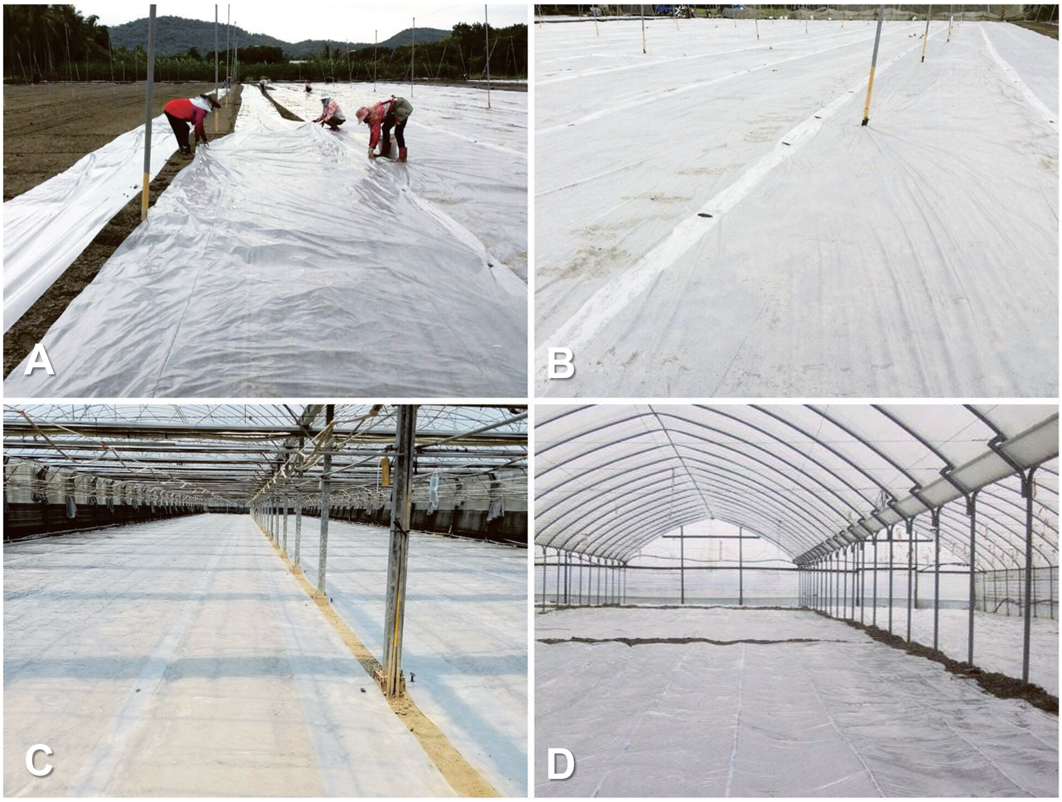

圖 4. 太陽能消毒土壤。利用透明 PE 塑膠布覆蓋土壤，經數週強烈的陽光照射，可提高土壤表層的溫度達 10℃ 以上，有效殺滅露天 (A、B) 或溫室土壤表層的病原菌 (C、D)。 (周浩平提供)

低溫

低溫處理主要在減緩病害發生速率，一般多用於採收後農產品的保存與運輸，以求能延長農產品的櫥架壽命與維持鮮度。至於使用之低溫則依農產品的耐低溫性而異，一般在 0–12℃ 之間，若超過低溫極限之貯藏溫度，容易造成果實寒害發生，嚴重影響果品及貯藏壽命，不同種類與品種有不同的耐低溫程度，而耐低溫不僅和低溫度有關，也和低溫貯放的時間有關，同時需注意溼度控制。但有些病害仍能在相當的低溫下繼續造成農產品的腐敗，如灰黴病、菌核病及褐腐病等。尤其儲藏倉庫的濕度大時，農產品因緊密堆積在一起，易助長病原的蔓延。商業性貯藏蔬果之概略貯藏溫度與時間 (表 1)。

參考文獻

1. 李敏郎、呂理燊。1998。土壤蒸汽消毒防治百合黃化病害。植物保護學會會刊 40: 251–264。
2. 周浩平、陳正恩、陳明吟、侯秉賦、陳泰元、陳明昭、曾敏南。2018。瓜類作物有害生物綜合管理模式之建立。p.178–193。*In*: 2018 植物防檢疫科技研發成果發表會論文集。
3. 倪蕙芳、黃巧雯、劉瑞芬、洪挺軒、楊宏仁。2014。應用溫水處理防治愛文檬果採收後果腐病效果評估。植物病理學會刊 23: 125–138。
4. 張元聰、王美琴。2017。以土壤改良劑及熱水處理改善洋桔梗之連作障礙。臺南區農業改良場研究彙報 70: 46–55。
5. 劉富文。1994。園產品採後處理及貯藏技術。臺灣省青果運銷合作社印行。178 pp。
6. 鄭安秀、楊宏仁、李敏郎。2006。蒸汽消毒及溫水處理在作物病害上之應用。p.217–237。*In*: 符合安全農業之病害防治新技術研討會專刊。

表 1. 商業性貯藏蔬果之概略貯藏溫度與時間*

品項	貯藏溫度（℃）	貯藏濕度（%）	概略貯藏時間
甜玉米	0	95–98	5–8 日
茄子	8–12	90–95	7 日
豆芽	0	95–100	7–9 日
胡瓜	10–13	95	10–14 日
菠菜	0	95–100	10–14 日
蘆筍	0–2	95–100	2–3 週
西瓜	10–15	90	2–3 週
青椒	7–13	90–95	2–3 週
萵苣	0	98–100	2–3 週
花椰菜	0	95–98	3–4 週
早生甘藍	0	98–100	3–6 週
結球白菜	0	95–100	2–3 個月
晚生甘藍	0	98–100	5–6 個月
薑	13	65	6 個月
胡蘿蔔	0	98–100	7–9 個月
草莓	0	90–95	5–7 日
木瓜	7	85–90	1–3 週
青香蕉	13–14	90–95	1–4 週
楊桃	9–10	85–90	3–4 週
芒果	13	85–90	2–3 週
番石榴	5–10	90	2–3 週
鳳梨	7–13	85–90	2–4 週
寬皮柑	4	90–95	2–4 週
荔枝	1.5	90–95	3–5 週
百香果	7–10	85–90	3–5 週
酪梨	4.5–13	85–90	2–8 週
檸檬	11–15	85–90	1–6 個月
柿	-1	90	3–4 個月
梨	-1.5–0.5	90–95	2–7 個月
蘋果	-1–4	90–95	1–12 個月

* 相同品項之不同品種間的貯藏溫度與時間亦有差異。